



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3820085 C1

⑤ Int. Cl. 4:
G01N 1/06
B 06 B 1/06
G 05 D 3/00

⑳ Aktenzeichen: P 38 20 085.6-52
㉑ Anmeldetag: 13. 6. 88
㉒ Offenlegungstag: —
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 27. 7. 89

Behörden Eigentum

DE 3820085 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:
Reichert-Jung Optische Werke AG, Wien, AT

㉕ Vertreter:
Louis, D., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., 8183
Rottach-Egern; Pöhlau, C., Dipl.-Phys., 8500
Nürnberg; Lohrenz, F., Dipl.-Ing., 8130 Starnberg;
Segeth, W., Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte, 8500
Nürnberg

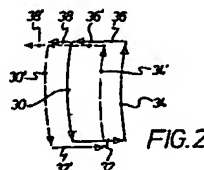
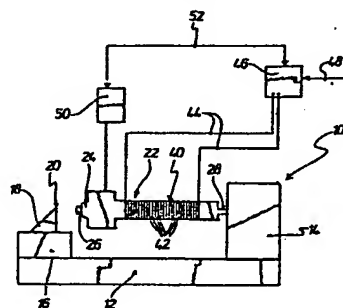
㉖ Erfinder:
Lihl, Reinhard, Dr.; Lang, Anton, Ing., Wien, AT

㉗ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
NICHTS ERMITTELT

㉘ Mikrotom, insbes. Ultramikrotom

Es wird ein Mikrotom, insbes. ein Ultramikrotom (10) beschrieben, das an einer Basis (12) einen Messerhalter (16) mit einem Schneidmesser (18) und das an der Basis (12) einen Objektträger (22) aufweist, der am Schneidmesser (18) vorbeibewegbar ist. Zur Durchführung der Vorschubbewegung (36), der Schnittdickenzustellbewegung (38) und der Rückzugbewegung (32) einer am Objektträger (22) vorgesehenen Objektklemmeinrichtung (24) relativ zum Schneidmesser (18) ist mindestens eine Verstelleinrichtung (40) vorgesehen. Ein einfacher Aufbau des Ultramikrotoms (10) ohne Beeinträchtigung der Schnittpräzision wird dadurch erzielt, daß die Verstelleinrichtung (40) mindestens ein piezomechanisches Stellelement (42) aufweist.

FIG.1



DE 3820085 C1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Mikrotom, insbes. Ultramikrotom, mit einem an einer Basis mittels eines Messerhalters befestigten Schneidmesser, und mit einem am Schneidmesser vorbeibewegbaren Objektträger, der an seinem dem Schneidmesser zugewandten Endabschnitt eine Objektklemmeinrichtung aufweist und der mit seinem vom Schneidmesser abgewandten Endabschnitt an einer an der Basis vorgesehenen Halteinrichtung gelagert ist, wobei zur Ausführung der Vorschubbewegung, der Schnittdickenzustellbewegung und der Rückzugbewegung der Objektklemmeinrichtung relativ zum Schneidmesser mindestens eine Verstellvorrichtung vorgesehen ist.

Ein Mikrotom, insbes. ein Ultramikrotom benötigt sowohl zum Justieren des Schneidmessers und des in die Klemmeinrichtung eingespannten dünn zu schneidenden Präparates, als auch während der Durchführung von Dünnschnitten mindestens eine Verstellvorrichtung. Bislang werden zur Durchführung der Justierbewegungen mechanische Feintriebe bzw. elektromechanische Vorrichtungen angewandt. Von größter Wichtigkeit bei derartigen Mikrotomen, insbes. Ultramikrotomen ist die Durchführung der Schnittdickenzustellbewegung. Diese Schnittdickenzustellbewegung wird entweder durch eine Bewegung des Schneidmessers zur Objektklemmeinrichtung oder durch eine Vorschubbewegung der Objektklemmeinrichtung zum Schneidmesser durchgeführt. Die Schnittdickenzustellbewegung, der höchste Präzision abverlangt wird, erfolgt bei den bekannten Mikrotomen, d. h. insbes. bei den bekannten Ultramikrotomen entweder mittels eines Feintriebes, der von einem Schrittmotor angetrieben wird, oder mittels eines Körpers, der entsprechend einer bestimmten Temperaturänderung seine Länge ändert. Bei den zuerst genannten Feintrieben, die von einem Schrittmotor angetrieben werden, kommen oftmals zusätzliche Hebelunterstützungen zur Anwendung. Bei einem solchen mittels eines Schrittmotors angetriebenen Feintrieb wird von einem mechanischen Vorschub, d. h. von einer mechanischen Schnittdickenzustellbewegung gesprochen, während bei einer Schnittdickenzustellbewegung, welche den Wärmedehnungskoeffizienten eines Körpers ausnutzt, von einem thermischen Vorschub gesprochen wird. Derartige Vorschübe kommen üblicherweise nur bei Ultramikrotomen zur Anwendung. Bei Ultramikrotomen betragen die Schnittdicken dünn zu schneidender Präparate 10 nm bis 1 m. Normale Mikrotome weisen einen Schnittdickenbereich auf, der bei $\geq 1 \mu\text{m}$ liegt.

Mikrotome führen während eines Schneidzyklus eine sog. Pilgerschrittbewegung aus, die sich aus einer Schnittbewegung in einer ersten Raumrichtung, aus einer Rückzugbewegung in einer zur ersten Raumrichtung mindestens annähernd senkrechten Raumrichtung, einer sich an diese Rückzugbewegung anschließenden Rückstellbewegung in der ersten Raumrichtung und einer daran anschließenden Vorschubbewegung sowie einer Schnittdickenzustellbewegung in der ersten Raumrichtung zusammensetzt. Dabei ist die Amplitude der Schnittbewegung und die Amplitude der Rückstellbewegung gleich groß. Desgleichen ist die Amplitude der Rückzugbewegung und der Vorschubbewegung gleich groß. Durch die Durchführung der Rückzugbewegung wird das dünnzuschneidende Präparat unmittelbar nach Durchführung eines Dünnschnittes vom Schneidmesser entfernt, so daß während der an die Rückzugbewegung anschließenden Rückstellbewegung eine Berührung

bzw. Kollision des dünnzuschneidenden Präparates mit dem Schneidmesser vermieden wird. Das ist von Wichtigkeit um sowohl eine Beschädigung des Schneidmessers als auch eine Beschädigung des durchzuschneidenden Präparates zu vermeiden und somit eine präzise Dünnschnittarbeit durchführen zu können. Bei den bekannten Ultramikrotomen wird die Rückzugbewegung und die zur Rückzugbewegung entgegengesetzt gerichtete Vorschub- und Schnittdickenzustellbewegung mittels mechanischer Antriebe oder mittels elektromechanischer Antriebe durchgeführt. Die Rückstellbewegung wird üblicherweise bei Ultramikrotomen ebenfalls auf mechanischem oder elektromechanischem Wege durchgeführt, während zur Durchführung der Schnittbewegung üblicherweise einfach die Gravitation ausgenutzt werden kann. Selbstverständlich ist es auch möglich, auch die Schnittbewegung mit Hilfe eines mechanischen oder elektromechanischen Antriebes durchzuführen.

Wie bereits erwähnt wurde, arbeiten Ultramikrotome im Schnittdickenbereich von etwa 10 nm bis 1000 nm. Vor dem Beginn der Dünnschnittarbeit ist es wünschenswert bzw. erforderlich, zwischen dem Schneidmesser und dem in die Objektklemmeinrichtung eingespannten dünn zu schneidenden Präparat eine derartige Justierung vorzunehmen, daß der Abstand zwischen dem dünn zu schneidenden Präparat und dem Schneidmesser nur wenige μm beträgt. Diese erforderliche Justiergenauigkeit ist bei den bekannten Ultramikrotomen nur mit einem relativ hohen mechanischen Aufwand erreichbar. Die Wanddicke der während der Durchführung von pilgerschrittartigen Schneidzyklen erhaltenen Dünnschnitte sowie die Dickenschwankungen während einer Schnittserie hängen von der Schnittdickenzustellbewegung und von der Wiederholgenauigkeit der Rückzug- und Vorschubbewegung ab. Die zur Durchführung dieser Bewegungen in der ersten Raumrichtung zur Anwendungen gelangenden, oben erwähnten mechanischen Vorschubeinrichtungen sind in ihrer Herstellung teuer und in ihrer Präzision begrenzt. Die obengenannten thermischen Vorschubeinrichtungen zur Durchführung der Rückzug- bzw. Vorschub- und Schnittdickenzustellbewegung sind zwar im Vergleich zu mechanischen Vorschubeinrichtungen präziser, sie weisen jedoch den Mangel auf, daß sie nur in einem relativ kleinen Schnittdickenbereich anwendbar sind und daß die Durchführung der Rückzugbewegung nur mit Hilfe einer Kühleinrichtung durchführbar ist. Derartige Kühleinrichtungen bedingen nicht nur einen besonderen baulichen Aufwand, sondern sie benötigen selbstverständlich auch einen bestimmten Platzbedarf.

Deshalb liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Mikrotom, insbes. ein Ultramikrotom zu schaffen, das vergleichsweise einfach aufgebaut ist und das bei einer kostengünstigen Herstellbarkeit eine hohe Präzision aufweist, und das zur Durchführung von Dünnschnitten in einem weiten Schnittdickenbereich zwischen größenordnungsmäßig 10 nm bis 1000 nm bzw. darüber geeignet ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Verstellvorrichtung mindestens ein piezomechanisches Stellelement aufweist. Bei einem derartigen piezomechanischen Stellelement handelt es sich um einen elektromechanischen Wandler, der ein elektrisches Signal, d. h. eine an ihn angelegte elektrische Spannung unter Ausnutzung des an sich bekannten piezoelektrischen Festkörpereffektes in eine Bewegung, d. h. in eine Änderung der Abmessungen des elektromechanischen Wandlers umsetzt. Wie an sich bekannt ist, verändern

Körper aus piezoelektrischen Materialien ihre geometrischen Abmessungen, wenn sie elektrischen Feldern ausgesetzt sind, d. h. wenn auf ihren Oberflächen elektrische Ladungen aufgebracht werden. Das erfolgt bspw. durch Anlegen einer elektrischen Spannung an den Körper aus piezoelektrischem Material. Dabei wird die zugeführte elektrische Energie teilweise in elastische Deformationsenergie des piezoelektrischen Körpers umgewandelt. Als piezoelektrische Materialien sind bspw. vorpolarisierte Blei-Zirkonat-Titanat-Keramiken bekannt. Die Vorpolarisierung ist dabei erforderlich, um aus dem ferroelektrischen Material ein piezoelektrisches Material zu machen. Es sind piezomechanische Stellelemente bekannt, die als zylindrische Körper ausgebildet sind, deren Außendurchmesser bei 12 mm und deren Länge zwischen 10 und 140 mm liegt, und die bei einer Betriebsspannung von 500 V eine Längenänderung zwischen 5 μm und 150 μm ausführen. Noch größere Stellwege bis bspw. 200 μm sind mit ähnlichen piezomechanischen Stellelementen größeren Querschnitts realisierbar. Mit solchen piezomechanischen Stellelementen sind die folgenden Vorteile erzielbar:

- verlustfreies Halten einer Position auch bei hohen statischen Belastungen,
- nahezu unbegrenzte Einstellempfindlichkeit bei der Durchführung von Positionierungen,
- kurze Reaktionszeiten in der Größenordnung von μsec ,
- vibrationsfreier Bewegungsablauf im quasi statischen Betrieb, und
- Verschleißfreiheit.

Durch die Anwendung mindestens eines piezomechanischen Stellelementes für die Verstelleinrichtung ergibt sich eine hohe Präzision, wie sie insbes. bei Ultramikrotomen mit ihrem Schnittdickenbereich zwischen 10 nm und 1000 nm erforderlich ist, sowie insbes. bei Ultramikrotomen eine erhebliche Vereinfachung ihres mechanischen Aufbaus. Beispielsweise ist es möglich, mit nur einem piezomechanischen Stellelement sowohl die Vorschubbewegung mit der Schnittdickenzustellbewegung als auch die Rückzugbewegung zu realisieren. Da die Rückzugbewegung ihrem absoluten Betrage nach kleiner ist als Vorschub- und Schnittdickenzustellbewegung muß die an die piezomechanische Verstelleinrichtung angelegte Spannung zur Durchführung der Vorschub- und Schnittdickenzustellbewegung um einen der Schnittdickenzustellbewegung entsprechenden Betrag größer sein als die Spannung zur Durchführung der Rückzugsbewegung. Die piezomechanische Verstelleinrichtung ist somit jederzeit mit einer elektrischen Spannung beaufschlagt und damit stets mechanisch auf Druck beansprucht. Das ist mittels einer elektrischen bzw. elektronischen Einrichtung problemlos realisierbar. Bei einem Mikrotom, insbes. einem Ultramikrotom, bei dem die Verstelleinrichtung mindestens ein piezomechanisches Stellelement aufweist, ist es lediglich zur groben Zustellung des Schneidmessers bzw. der Objektklemmeinrichtung erforderlich, eine mechanische Grobverstelleinrichtung vorzusehen, wenn der Verstellbereich des mindestens einen piezomechanischen Stellelementes nicht ausreichen sollte.

Die mindestens ein piezomechanisches Stellelement aufweisende Verstelleinrichtung kann zur Durchführung der Vorschubbewegung und zur Durchführung der Schnittdickenzustellbewegung und zur Durchführung der Rückzugbewegung vorgesehen sein. In diesem Fall

ist das mindestens eine piezomechanische Stellelement demnach für alle in der ersten Raumrichtung erfolgenden Bewegungen vorgesehen. Es ist jedoch auch möglich, daß zur Durchführung der Vorschubbewegung, der Schnittdickenzustellbewegung bzw. zur Durchführung der Rückzugbewegung jeweils besondere mindestens ein piezomechanisches Stellelement aufweisende Verstelleinrichtungen vorgesehen sind. Selbstverständlich ist es auch möglich, nur die Vorschubbewegung oder nur die Schnittdickenzustellbewegung, bzw. nur die Rückzugbewegung mit einer mindestens ein piezomechanisches Stellelement aufweisenden Verstelleinrichtung durchzuführen und die übrigen Bewegungen in bekannter Weise durchzuführen.

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, daß die/jede Verstelleinrichtung eine Anzahl piezomechanischer Stellelemente aufweist, die unmittelbar hintereinander angeordnet sind. Durch eine derartige Anordnung der piezomechanischen Stellelemente ist es möglich, mit relativ kleinen Betriebsspannungen relativ große Längenänderungen zu erzielen. Derartige Verstelleinrichtungen sind auf Druck hochbelastbar, so daß sie üblicherweise derart zur Anwendung gelangen, daß eine Druckbelastung erfolgt. Die Zugbelastbarkeit derartiger Verstelleinrichtungen ist relativ gering, so daß Zugbelastungen vermieden werden sollen.

Die piezomechanische Verstelleinrichtung zur Verstellung des Abstandes zwischen dem Schneidmesser und der Objektklemmeinrichtung kann im Objektträger vorgesehen sein. Bei einer solchen Ausbildung des Mikrotoms, insbes. des Ultramikrotoms wird die Längenänderung der piezomechanischen Verstelleinrichtung direkt zur Verstellung des Abstandes zwischen dem Schneidmesser und der Objektklemmeinrichtung verwendet. Um wunschgemäß eine Über- bzw. Untersetzung zwischen der Längenänderung der piezomechanischen Verstelleinrichtung und dem Abstand zwischen dem Schneidmesser und der Objektklemmeinrichtung zu erzielen, kann die piezomechanische Verstelleinrichtung zur Verstellung des Abstandes zwischen dem Schneidmesser und der Objektklemmeinrichtung mit einem Endabschnitt an einem Hebelement angreifen, das an der Basis beweglich gelagert ist, und an dem der Objektträger an einem Lagerort gelagert ist, wobei der zweite Endabschnitt der Verstelleinrichtung an der Basis angreift. Bei einer solchen Ausbildung hat es sich als vorteilhaft erwiesen, daß der Lagerort des Objektträgers am Hebelement, der Ort der beweglichen Lagerung des Hebelementes an der Basis und der Angriffsort des ersten Endabschnittes der piezomechanischen Verstelleinrichtung zur Ausbildung einer Hebelüber- bzw. -untersetzung voneinander räumlich beabstandet sind. Durch geeignete Anordnung des Lagerortes des Objektträgers am Hebelement, des Ortes der beweglichen Lagerung des Hebelementes an der Basis und des Angriffsortes des ersten Endabschnittes der piezomechanischen Verstelleinrichtung ist jede gewünschte Hebelübersetzung bzw. jede gewünschte Hebeluntersetzung realisierbar. Damit ist es möglich, mit einer piezomechanischen Verstelleinrichtung eines bestimmten Zusammenhangs zwischen Betriebsspannung und Längenänderung jeden beliebigen gewünschten Schnittdickenbereich zwischen größenordnungsmäßig 10 nm und 1000 nm wunschgemäß zu realisieren.

Eine andere Ausbildung des Mikrotoms, insbes. des Ultramikrotoms ist dadurch gekennzeichnet, daß die piezomechanische Verstelleinrichtung zur Verstellung des Abstandes zwischen dem Schneidmesser und der

Objektklemmeinrichtung mit einem Endabschnitt am Messerhalter angreift, der an der Basis beweglich gelagert ist, und daß der zweite Endabschnitt der piezomechanischen Verstelleinrichtung an der Basis angreift. Eine derartige Ausbildung des Mikrotoms unterscheidet sich von der weiter oben beschriebenen Ausbildung dadurch, daß nicht die Objektklemmeinrichtung relativ zum ortsfesten Schneidmesser wunschgemäß verstellt wird, sondern daß das Schneidmesser im Bezug zur quasi ortsfesten Objektklemmeinrichtung wunschgemäß verstellt wird. Selbstverständlich ist es auch möglich, die beiden beschriebenen Ausbildungen miteinander zu kombinieren, d. h. sowohl die Objektklemmeinrichtung als auch das Schneidmesser wunschgemäß gegeneinander zu verstellen.

Bei einem Mikrotom, insbes. Ultramikrotom, bei dem das Schneidmesser wunschgemäß mit Hilfe der piezomechanischen Verstelleinrichtung verstellt wird, kann der Ort der beweglichen Lagerung des Messerhalters an der Basis und der Angriffsort des ersten Endabschnittes der piezomechanischen Verstelleinrichtung zur Ausbildung einer Hebelüber- bzw. -untersetzung voneinander räumlich getrennt sein. Auch mit einer solchen Ausbildung des Mikrotoms ist es möglich, einen gewünschten Schnittdickenbereich gleichsam unabhängig von der zur Anwendung gelangenden piezomechanischen Verstelleinrichtung einzustellen und in diesem Schnittdickenbereich eine präzise Dünnschnittarbeit durchzuführen.

Es ist auch möglich, daß die Basis in Querrichtung mit einem Schwenklagerabschnitt ausgebildet ist, der die Basis in zwei Teile teilt, wobei am einen Teil der Messerhalter mit dem Schneidmesser und am zweiten Teil der Objektträger vorgesehen ist, und daß die piezomechanische Verstelleinrichtung zum Verschwenken der beiden Teile der Basis gegeneinander mit ihrem ersten Endabschnitt am ersten Teil und mit ihrem zweiten Endabschnitt am zweiten Teil der Basis angreift. Bei einer solchen Ausbildung des Mikrotoms, insbes. Ultramikrotoms führen der Objektträger mit der Objektklemmeinrichtung und das Schneidmesser gleichzeitig einander entsprechende Bewegungen aus, bei denen es sich um die Vorschub- und Schnittdickenzustellbewegung bzw. um die Rückzugbewegung handelt. Die Durchführung der Schnittbewegung und der zur Schnittbewegung entgegengesetzten Rückstellbewegung erfolgt in jedem Fall mittels einer dafür vorgesehenen Antriebseinrichtung bzw. durch den Einfluß der Gravitation.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen des erfindungsgemäßen Mikrotoms, insbes. Ultramikrotoms. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Seitenansicht des Ultramikrotoms mit einer piezomechanischen Verstelleinrichtung im Objektträger,

Fig. 2 eine schematische Darstellung der Pilgerschrittbewegung der Objektklemmeinrichtung in Bezug zum Schneidmesser des Ultramikrotoms,

Fig. 3, 4 und 5 Seitenansichten des Ultramikrotoms mit einem an der Basis des Ultramikrotoms schwenkbeweglich gelagerten Hebelelementes, das durch eine piezomechanische Verstelleinrichtung antreibbar ist,

Fig. 6 eine Seitenansicht des Ultramikrotoms bei dem das Hebelelement an der Basis nicht schwenkbeweglich sondern linear geführt angeordnet ist,

Fig. 7 bis 9 Seitenansichten des Ultramikrotoms, bei dem zur Durchführung der Vorschubbewegung, der Schnittdickenzustellbewegung und der Rückzugbewe-

gung nicht der Objektträger sondern der Messerhalter entsprechend angetrieben wird, und

Fig. 10 eine schematische Darstellung einer Seitenansicht des Ultramikrotoms, bei dem die piezomechanische Verstelleinrichtung derart vorgesehen ist, daß zur Durchführung der Vorschub-, der Schnittdickenzustell- und der Rückzugbewegung sowohl der Messerhalter mit dem Schneidmesser als auch der Objektträger mit der Objektklemmeinrichtung beweglich sind.

Fig. 1 zeigt eine Seitenansicht eines Ultramikrotoms 10, das eine Basis 12, eine an der Basis vorgesehene Halteeinrichtung 14 und einen an der Basis 12 vorgesehenen Messerhalter 16 aufweist, wobei der Messerhalter 16 von der Halteeinrichtung 14 beabstandet ist. Am Messerhalter 16 ist ein Schneidmesser 18 befestigt, das eine Messerschneide 20 aufweist. An der Halteeinrichtung 14 ist ein Objektträger 22 gelagert, der an seinem von der Halteeinrichtung 14 abgewandten Endabschnitt eine Objektklemmeinrichtung 24 aufweist, in die ein dünn zu schneidendes Objekt bzw. Präparat 26 eingespannt ist. Der Objektträger 22 ist bei dem in dieser Figur schematisch gezeichneten Ultramikrotom 10 an der Halteeinrichtung 14 mit einer Lagereinrichtung 28 derart gelagert, daß der Objektträger 22 um die Lagereinrichtung 28 verschwenkbar ist.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, führt der Objektträger 22 mit der Objektklemmeinrichtung 24 während der Schwenkbewegung um die Lagereinrichtung 28 eine Schrittbewegung durch, welche durch den Pfeil 30 verdeutlicht ist. Der Pfeil 30 weist einen Krümmungsradius auf, dessen Mittelpunkt mit der Lagereinrichtung 28 (siehe Fig. 1) zusammenfällt. Nach der Durchführung der Schnittbewegung entsprechend dem Pfeil 30 erfolgt eine Rückzugbewegung, die durch den Pfeil 32 verdeutlicht wird. An die Rückzugbewegung entsprechend dem Pfeil 32 schließt sich eine Rückstellbewegung an, die wie die Schnittbewegung 30 bogenförmig gekrümmt ist, und die durch den Pfeil 34 dargestellt ist. Nach der Durchführung der Rückstellbewegung entsprechend dem Pfeil 34 wird eine Vorschubbewegung ausgeführt, die durch den Pfeil 36 verdeutlicht ist. An diese Vorschubbewegung, durch die der Bewegungsverlauf geschlossen ist, schließt sich unmittelbar eine Schnittdickenzustellbewegung an, die durch den Pfeil 38 verdeutlicht ist. Nach der Durchführung der Schnittdickenzustellbewegung entsprechend dem Pfeil 38 folgt wiederum eine Schnittbewegung, die durch einen strichlierten Pfeil 30' angedeutet ist. An diese zweite Schnittbewegung 30' schließt sich eine Rückzugbewegung 32', eine Rückstellbewegung 34' und eine weitere Vorschubbewegung 36' sowie eine weitere Schnittdickenzustellbewegung 38' an. Die strichlierten Pfeile sind gegen die mit durchgezogenen Linien gezeichneten Pfeile seitlich versetzt, um die aufeinanderfolgenden Pilgerschrittbewegungen besser zu verdeutlichen. Während der Schnittbewegungen 30, 30' usw. erfolgt jeweils ein Dünnschnitt, während welchem mit Hilfe des Schneidmessers 18 vom Präparat 26 ein Dünnschnitt angefertigt wird, d. h. während welchem das Präparat 26 von der Messerschneide 20 durchdrungen wird. Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, weisen die Schnittbewegung 30 und die Rückstellbewegung 34 dieselbe Amplitude auf. Desgleichen weisen die Rückzugbewegungen 32 und die Vorschubbewegungen 36 jeweils dieselbe Amplitude auf. Diese Amplituden sind jeweils konstant, um Dickenschwankungen während der Durchführung einer Schnittserie zu vermeiden. Die Rückzugbewegungen 32 werden durchgeführt, um das Präparat 26 nach der Durchführung einer Schnittbewe-

gung entsprechend dem Pfeil 30 vom Schneidmesser 18 zu entfernen und in einem Abstand vom Schneidmesser 18 wieder in die obere Ausgangslage zurückzustellen, um nachfolgend, d. h. nach der Durchführung einer weiteren Schnittdickenzustellbewegung entsprechend dem Pfeil 38 bzw. 38' eine weitere Schnittbewegung entsprechend dem Pfeil 30 bzw. 30' durchführen zu können. Aus Fig. 2 ist deutlich ersichtlich, daß das dünn zu schneidende Präparat 26 (siehe Fig. 1) eine sog. Pilgerschrittbewegung ausführt. Zur Durchführung der Vorschubbewegung 36, der Schnittdickenzustellbewegung 38 und der Rückzugbewegung 32 dient eine Verstelleinrichtung 40, die mindestens ein piezomechanisches Stellelement 42 aufweist. In Fig. 1 ist eine Anzahl derartiger piezomechanischer Stellelemente 42 angedeutet, die unmittelbar hintereinander angeordnet sind. Die piezomechanischen Stellelemente 42 sind zu einem Stapel zusammengebaut, der nach Art eines an sich bekannten Vielschichtkondensators ausgebildet ist. Die derartig ausgebildete Verstelleinrichtung 40 weist zwei Anschlußelemente 44 auf, die mit einer elektronischen Schaltungseinrichtung 46 verbunden sind. Die elektronische Schaltungseinrichtung 46 wird aus einem Energienetz gespeist, was durch den Pfeil 48 angedeutet ist. Die elektronische Schaltungseinrichtung 46 ist dazu vorgesehen, über die Anschlußelemente 44 die piezomechanische Verstelleinrichtung 40 mit einer elektrischen Spannung mit einer ersten Amplitude und mit einer elektrischen Spannung mit einer zweiten Amplitude zu versorgen. Durch die erste Spannungsamplitude wird die Rückzugbewegung 32 (siehe Fig. 2) und durch die zweite Spannungsamplitude wird die Vorschubbewegung 36 und die Schnittdickenzustellbewegung 38 (siehe Fig. 2) durchgeführt.

In Fig. 1 ist mit der Bezugsziffer 50 eine Antriebseinrichtung schematisch angedeutet, die am Ultramikrotom 10 dazu vorgesehen ist, den Objektträger 22 um die Lagereinrichtung 28 hochzuschwenken, um die Rückstellbewegung 34 auszuführen, bzw. den Objektträger 22 in der hochgehobenen Position nach Durchführung der Vorschubbewegung 36 und der Schnittdickenzustellbewegung 38 bspw. loszulassen, damit der Objektträger 22 unter dem Einfluß der Gravitation nach unten schwenkt, wodurch eine Schnittbewegung 30 ausgeführt wird. Damit eine aufeinander abgestimmte, d. h. koordinierte Pilgerschrittbewegung möglich ist, ist es erforderlich, daß die Antriebseinrichtung 50 mit der elektronischen Schaltungseinrichtung 46 gekoppelt ist. Diese Kopplung ist durch die Verbindungslinie 52 zwischen der elektronischen Schaltungseinrichtung 46 und der Antriebseinrichtung 50 schematisch angedeutet.

In Fig. 1 ist die piezomechanische Verstelleinrichtung 40 zur Verstellung des Abstandes zwischen dem Schneidmesser 18 und der Objektklemmeinrichtung 24 im Objektträger 22 vorgesehen.

Fig. 3 zeigt eine zweite Ausführungsform des schematisch angedeuteten Ultramikrotoms 10, bei dem an der Basis 12 nicht nur ein Messerhalter 16 und eine Halteeinrichtung 14, sondern außerdem auch ein Hebelelement 54 vorgesehen ist. Das Hebelelement 54 ist mit einer Lagereinrichtung 56 an der Basis 12 schwenkbar gelagert. Bei dieser Lagereinrichtung 56 kann es sich um mindestens eine Blattfeder, um Kugeln, Rollen oder ähnliche Konstruktionselemente handeln. In Fig. 3 sind gleiche Einzelteile mit den gleichen Bezugsziffern bezeichnet wie in Fig. 1, so daß es sich erübrigt, alle diese Einzelteile noch einmal detailliert zu beschreiben. Auf die Darstellung der auch bei diesem Ultramikrotom 10 vorgesehenen elektronischen Schaltungseinrichtungen

46 und der Antriebseinrichtung 50 (siehe Fig. 1) wurde in Fig. 3 verzichtet. Die Ausbildung gem. Fig. 3 unterscheidet sich von der in Fig. 1 gezeichneten Ausbildung des Ultramikrotoms 10 insbes. dadurch, daß die piezomechanische Verstelleinrichtung nicht im Objektträger 22 vorgesehen, sondern zwischen der Halteeinrichtung 14 und dem Hebelelement 54 angeordnet ist. Auch hier weist die piezomechanische Verstelleinrichtung 40 einen Stapel aus piezomechanischen Stellelementen 42 auf, um mit relativ niedrigen Betriebsspannungen relativ große Abmessungsänderungen der piezomechanischen Verstelleinrichtung 40 zu erzielen. Die piezomechanische Verstelleinrichtung 40 greift mit ihrem einen Endabschnitt 58 am Hebelelement 54 und mit ihrem zweiten Endabschnitt 60 an der Halteeinrichtung 14 an. Der Objektträger 22 ist mit seiner Lagereinrichtung 28 an einem Lagerort 62 gelagert, der von der Lagereinrichtung 56 des Hebelelementes 54 einen anderen radialen Abstand aufweist, als der erste Endabschnitt 58 der piezomechanischen Verstelleinrichtung 40. Dadurch ergibt sich eine Hebelübersetzung, so daß eine Verlängerung der piezomechanischen Verstelleinrichtung 40 um eine bestimmte Strecke eine Vorschubbewegung 36 und Schnittdickenzustellbewegung 38 (siehe Fig. 2) ergibt, deren Gesamtamplitude größer ist als die Verlängerung der piezomechanischen Verstelleinrichtung 40. Durch geeignete Anordnung der piezomechanischen Verstelleinrichtung 40 zwischen dem Hebelelement 54 und der Halteeinrichtung 14 ist es problemlos möglich, anstelle einer Hebelübersetzung eine Hebelumsetzung auszubilden. Die Wahl einer Hebelübersetzung oder einer Hebelumsetzung ist von der zur Anwendung gelangenden piezomechanischen Verstelleinrichtung 40 und vom gewünschten Schnittdickenbereich des Ultramikrotoms 10 abhängig.

Die in Fig. 4 schematisch von der Seite dargestellte Ausbildung des Ultramikrotoms 10 unterscheidet sich von der in Fig. 3 dargestellten Ausbildung des Ultramikrotoms 10 dadurch, daß das Hebelelement 54 mittels einer Lagereinrichtung 56 nicht an der Basis 12, sondern an der Halteeinrichtung 14 des Ultramikrotoms 10 schwenkbeweglich gelagert ist. Die piezomechanische Verstelleinrichtung 40 aus einem Stapel piezomechanischer Stellelemente 42 ist bei der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform des Ultramikrotoms 10 zwischen dem Hebelelement 54 und einem von der Basis 12 wegstehenden Ansatz 62 vorgesehen. Durch eine solche Ausbildung des Ultramikrotoms 10 ergibt sich ebenfalls die Möglichkeit, zwischen der Längenänderung der piezomechanischen Verstelleinrichtung 40 und der Vorschub- und Schnittdickenzustellbewegung 36 und 38 (siehe Fig. 2) bzw. der Rückzugbewegung 32 (siehe Fig. 2) eine Übersetzung oder eine Umsetzung auszubilden. Auf die Darstellung der elektronischen Schaltungseinrichtung 46 zur Beaufschlagung der piezomechanischen Verstelleinrichtung 40 und auf die Andeutung der Antriebseinrichtung 50 zur Durchführung der Schnittbewegung und der Rückstellbewegung 30 bzw. 34 (siehe Fig. 2) wurde auch in dieser Figur der Einfachheit wegen verzichtet. Die übrigen Einzelteile sind in Fig. 4 mit denselben Bezugsziffern bezeichnet wie in den Fig. 1 und 3, so daß es sich erübrigt, alle diese Einzelteile in Verbindung mit Fig. 4 noch einmal detailliert zu beschreiben.

In Fig. 5 ist ein Ultramikrotom 10 in einer Seitenansicht schematisch angedeutet, bei welchem im Gegensatz zu den Ausbildungen gemäß Fig. 3 und 4 das piezomechanische Verstellelement 40 nicht parallel zum Ob-

jektträger 22, sondern zum Objektträger 22 senkrecht orientiert ist. Die aus einem Stapel piezomechanischer Stellelemente 42 zusammengesetzte piezomechanische Verstellrichtung 40 liegt mit ihrem einen Endabschnitt 58 an einem Hebelement 54 und mit ihrem zweiten Endabschnitt 60 an der Basis 12 des Ultramikrotoms 10 an. Das Hebelement 54 ist ähnlich wie in Fig. 3 mit einer Lagereinrichtung 56 an der Basis 12 schwenkbeweglich gelagert. Bei dieser Lagereinrichtung 56 kann es sich um mindestens eine Blattfeder, Kugeln, Rollen o. dgl. handeln. Auch bei einer derartigen Ausbildung des Ultramikrotoms 10 ergibt sich eine Hebelübersetzung oder eine Hebelumsetzung, so daß eine Längenänderung der piezomechanischen Verstellrichtung 40 eine passende Vorschubbewegung 36 und Schnittdickenzustellbewegung 38 bzw. Rückzugbewegung 32 (siehe Fig. 2) ergibt. An der Basis 12 ist auch bei dieser Ausbildung des Ultramikrotoms 10 ein Messerhalter 16 mit einem Schneidmesser 18 angeordnet. Der Objektträger 22 ist mit einer Objektklemmeinrichtung 24 ausgebildet, in welcher ein dünn zu schneidendes Präparat 26 festgeklemmt ist. Der Objektträger 22 ist mit einer Lagereinrichtung 28 am Hebelement 54 schwenkbeweglich gelagert.

Bei den in den Fig. 1 und 3 bis 5 schematisch gezeichneten Ultramikrotomen 10 wird die Vorschubbewegung 36, die Schnittdickenzustellbewegung 38 und die Rückzugbewegung 32 durch eine Bewegung des Objektträgers 22 bzw. der Objektklemmeinrichtung 24 in bezug zum ortsfest an der Basis 12 angeordneten Schneidmesser 18 durchgeführt. Die piezomechanische Verstellrichtung 40 ist in jedem Fall mit ihren beiden Endabschnitten 58 und 60 derart angeordnet, daß sie nicht auf Zug sondern auf Druck beansprucht wird.

Fig. 6 zeigt eine Ausbildung des Ultramikrotoms 10, die sich von der Ausführungsform gemäß Fig. 3 insbes. dadurch unterscheidet, daß das Hebelement 54 nicht um eine Lagereinrichtung 56 herum schwenkbar, sondern entlang einer Linearführung 64 linear beweglich ist. Diese lineare Bewegung des Hebelementes 54 in bezug zur Basis 12 und damit des Objektträgers 22 in bezug zum Schneidmesser 18 bzw. zur Messerschneide 20 ist durch den Doppelpfeil 65 schematisch angedeutet. Diese Linearführung 64 kann durch von der Basis 12 wegstehende Blattfedern, durch an sich bekannte Gleitführungen, Kugelbahnen o. dgl. realisiert sein. Bei einer solchen Ausbildung des Ultramikrotoms 10 wird jede Abmessungsänderung zwischen den beiden Endabschnitten 58 und 60 der piezomechanischen Verstellrichtung 40 in eine genau entsprechende Bewegung des Objektklemmeinrichtung 24 des Objektträgers 22 umgesetzt. Der Objektträger 22 ist auch hier mittels einer Lagereinrichtung 28 am Hebelement 54 zur Durchführung einer Schnittbewegung 30 bzw. einer Rückstellbewegung 34 (siehe Fig. 2) schwenkbeweglich gelagert. Auf die Antriebseinrichtung 50 und auf die elektronische Schaltungseinrichtung 46, wie sie in Fig. 1 durch eine Blockdarstellung angedeutet sind, wurde in Fig. 6 verzichtet.

Fig. 7 zeigt eine Ausbildung des Ultramikrotoms 10 in einer schematischen Seitenansicht, wobei sich diese Ausbildung des Ultramikrotoms 10 von den oben beschriebenen Ausführungsformen insbes. dadurch unterscheidet, daß zur Ausführung der Rückzugbewegung 32 und der Vorschubbewegung 36 sowie der Schnittdickenzustellbewegung 38 (siehe Fig. 2) nicht die Objektklemmeinrichtung 24 gegen das Schneidmesser 18, sondern das Schneidmesser 18 gegen die Objektklemmein-

richtung 24 bewegt wird. Diese Bewegung erfolgt mittels einer piezomechanischen Verstellrichtung 40, die aus einem Stapel piezomechanischer Stellelemente 42 zusammengesetzt ist. Die piezomechanische Verstellrichtung 40 ist derart angeordnet, daß sie mit ihrem einen Endabschnitt 58 am Messerhalter 16 wirksam wird, während ihr zweiter Endabschnitt 60 an der Basis 12 anliegt. Bei dieser Ausbildung des Ultramikrotoms 10 ist die piezomechanische Verstellrichtung 40 in einer Ausnehmung 66 der Basis 12 angeordnet, wobei diese Ausnehmung 66 mit einem Schlitz 68 ausgebildet ist. Das vorderseitige Ende des Schlitzes 68 legt einen Ort 70 der beweglichen Lagerung des Messerhalters 16 an der Basis 12 des Ultramikrotoms 10 fest. Um diesen Ort 70 herum ist der Messerhalter 16 und somit das Schneidmesser 18 schwenkbeweglich gelagert. Eine Verlängerung der piezomechanischen Verstellrichtung 40 führt zu einer Vorschubbewegung 36 und zu einer Schnittdickenzustellbewegung 38 während eine Verkürzung der piezomechanischen Verstellrichtung 40 zu einer Rückzugbewegung 32 führt, wie sie in Fig. 2 in einem stark vergrößerten Maßstab angedeutet sind. Bei der in Fig. 7 dargestellten Ausbildung des Ultramikrotoms 10 in der Objektträger 22 mittels einer Lagereinrichtung 28 an einer mit der Basis 12 starr verbundenen Halteeinrichtung 14 schwenkbeweglich gelagert. Das bedeutet, daß bei dieser Ausbildung der Objektträger 22 mit seiner Objektklemmeinrichtung 24 in bezug auf die Basis 12 nicht verstellbar ist, um die Vorschubbewegung, die Schnittdickenzustellbewegung und die Rückzugbewegung 36, 38, 32 (siehe Fig. 2) durchzuführen. Auch hier ist die piezomechanische Verstellrichtung 40 jederzeit mehr oder weniger auf Druck beansprucht.

Fig. 8 zeigt eine Ausbildung des Ultramikrotoms 10, bei der die piezomechanische Verstellrichtung 40 aus einem Stapel piezomechanischer Stellelemente 42 zwischen einem von der Basis 12 wegstehenden Ansatz 62 und dem Messerhalter 16 für das Schneidmesser 18 vorgesehen ist. Der Messerhalter 18 ist mittels einer Lagereinrichtung 72 an der Basis 12 schwenkbeweglich gelagert, wobei die Lagereinrichtung 72 mindestens eine Blattfeder, Kugeln, Rollen od. dgl. aufweisen kann. Eine Längenänderung der piezomechanischen Verstellrichtung 40 ergibt eine Vorschubbewegung 36, eine Schnittdickenzustellbewegung 38 bzw. eine Rückzugbewegung 32 (siehe Fig. 2). Der mit der Objektklemmeinrichtung 24 versehene Objektträger 22 ist wie bei der Ausbildung gemäß Fig. 7 mittels einer Lagereinrichtung 28 an einer Halteeinrichtung 14 schwenkbeweglich gelagert, wobei die Halteeinrichtung 14 an der Basis 12 ortsfest angeordnet ist. Auf die Darstellung der Antriebseinrichtung 50 und auf die Darstellung der elektronischen Schaltungseinrichtung 46, wie sie in Fig. 1 angedeutet worden sind, wurde auch in den Fig. 7 und 8 verzichtet.

In Fig. 9 ist ein Ultramikrotom 10 schematisch angedeutet, das sich von dem in Fig. 8 gezeichneten Ultramikrotom 10 insbes. dadurch unterscheidet, daß der Messerhalter 16 nicht mittels einer Lagereinrichtung 72 an der Basis 12 schwenkbeweglich gelagert ist, sondern daß hier der Messerhalter 16 für das Schneidmesser 18 mittels einer Linearführung 64 in bezug auf die Basis 12 und damit in bezug auf die Objektklemmeinrichtung 24 linear verstellbar ist. Diese lineare Verstellung ist durch den Doppelpfeil 65 angedeutet. Gleiche Einzelheiten sind in den Fig. 8 und 9 mit denselben Bezugsziffern bezeichnet, so daß es sich erübrigt, alle diese Einzelheiten noch einmal detailliert zu beschreiben.

Fig. 10 zeigt eine Ausbildung des Ultramikrotoms 10 in einer schematischen Seitenansicht, bei welcher die Basis 12 in Querrichtung mit einem Schwenklagerabschnitt 74 ausgebildet ist. Der Schwenklagerabschnitt 74 teilt die Basis 12 in zwei Teile 76 und 78. Am Teil 76 der Basis 12 ist der Messerhalter 16 mit dem Schneidmesser 18 angeordnet. Am Teil 78 der Basis 12 ist die Halteeinrichtung 14 mit dem Objektträger 22 vorgesehen. Der Objektträger 22 weist eine Objektklemmeinrichtung 24 auf, die an dem dem Schneidmesser 18 zugewandten Endabschnitt des Objektträgers 22 vorgesehen ist. Am gegenüberliegenden zweiten Endabschnitt des Objektträgers 22 ist eine Lagereinrichtung 28 vorgesehen, mit welcher der Objektträger 22 an der Halteeinrichtung 14 schwenkbeweglich gelagert ist. Zwischen den beiden Teilen 76 und 78 der Basis 12 ist in einer dafür vorgesehenen Ausnehmung 80 die piezomechanische Verstelleinrichtung 40 angeordnet, die aus einem Stapel piezomechanischer Verstellelemente 42 zusammengesetzt ist. Auch bei dieser Ausbildung ist die piezomechanische Verstelleinrichtung 40 mit ihren beiden Endabschnitten 58 und 60 in der Ausnehmung 80 auf Druck beansprucht, wobei eine Verlängerung der piezomechanischen Verstelleinrichtung 40 eine Verschwenkung der beiden Teile 76 und 78 der Basis 12 um den Schwenklagerabschnitt 74 herum und damit eine Vorschubbewegung 36 und eine Schnittdickenzustellbewegung 38 (siehe Fig. 2) ergibt. Eine Verkürzung der piezomechanischen Verstelleinrichtung 40 ergibt demgemäß eine Rückzugbewegung 32, wie sie in Fig. 2 angedeutet ist. Der Begriff "Verkürzung" soll dabei nicht bedeuten, daß ausgehend von einer normalen Länge bei Beaufschlagung der piezomechanischen Verstelleinrichtung 40 mit einer Spannung einer bestimmten ersten Amplitude eine Verlängerung der piezomechanischen Verstelleinrichtung 40 und bei einer Beaufschlagung dieser Verstelleinrichtung 40 mit einer Spannung einer bestimmten zweiten Amplitude eine Verkürzung relativ zur ursprünglichen, nicht mit einer Spannung beaufschlagten Zustand erzielt wird, der Begriff "Verkürzung" soll vielmehr bedeuten, daß die piezomechanische Verstelleinrichtung 40 zur Ausführung einer Verlängerung mit einer ersten höheren Spannung und zur Ausführung einer "Verkürzung" mit einer im Vergleich dazu niedrigeren Spannung derselben Polarität beaufschlagt wird. Das bedeutet, daß die piezomechanische Verstelleinrichtung 40 jederzeit, d. h. in jedem Betriebszustand des Ultramikrotoms 10 über ihren nicht mit einer Spannung beaufschlagten Normalzustand hinaus verlängert ist. Diese Verlängerung ist in Abhängigkeit von der Spannung, mit welcher die piezomechanische Verstelleinrichtung beaufschlagt wird, größer oder kleiner. Das bedeutet jedoch, daß die piezomechanische Verstelleinrichtung 40 in jedem Betriebszustand auf Druck beansprucht wird, wobei dieser Druck während der Durchführung der Schnittbewegung 30 (siehe Fig. 2) größer ist als der Druck während der Durchführung der Rückstellbewegung 34 (siehe Fig. 2). Die piezomechanische Verstelleinrichtung 40 ist demnach jederzeit mehr oder weniger auf Druck vorgespannt.

Patentansprüche

1. Mikrotom, insbes. Ultramikrotom mit einem an einer Basis (12) mittels eines Messerhalters (16) befestigten Schneidmesser (18) und mit einem am Schneidmesser (18) vorbeibewegbaren Objektträger (22), der an seinem dem Schneidmesser (18)

zugewandten Endabschnitt eine Objektklemmeinrichtung (24) aufweist, und der mit seinem vom Schneidmesser (18) abgewandten Endabschnitt an einer an der Basis (12) vorgesehenen Halteeinrichtung (14) gelagert ist, wobei zur Ausführung der Vorschubbewegung (36), der Schnittdickenzustellbewegung (38) und der Rückzugbewegung (32) der Objektklemmeinrichtung (24) relativ zum Schneidmesser (18) eine Verstelleinrichtung (40) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstelleinrichtung (40) mindestens ein piezomechanisches Stellelement (42) aufweist.

2. Mikrotom, insbes. Ultramikrotom nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens ein piezomechanisches Stellelement (42) aufweisende Verstelleinrichtung (40) zur Durchführung der Vorschubbewegung (36) und zur Durchführung der Schnittdickenzustellbewegung (38) und zur Durchführung der Rückzugbewegung (32) vorgesehen ist.

3. Mikrotom, insbes. Ultramikrotom nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Durchführung der Vorschubbewegung (36), der Schnittdickenzustellbewegung (38) bzw. zur Durchführung der Rückzugbewegung (32) eine mindestens ein piezomechanisches Stellelement (42) aufweisende Verstelleinrichtung (40) vorgesehen ist.

4. Mikrotom nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die/jede Verstelleinrichtung (40) eine Anzahl piezomechanischer Stellelemente (42) aufweist, die unmittelbar hintereinander angeordnet sind.

5. Mikrotom nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die piezomechanische Verstelleinrichtung (40) zur Verstellung des Abstandes zwischen dem Schneidmesser (18) und der Objektklemmeinrichtung (24) im Objektträger (22) vorgesehen ist.

6. Mikrotom, insbes. Ultramikrotom nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die piezomechanische Verstelleinrichtung (40) zur Verstellung des Abstandes zwischen dem Schneidmesser (18) und der Objektklemmeinrichtung (24) mit einem Endabschnitt (58) an einem Hebelement (54) angreift, das an der Basis (12) beweglich gelagert ist und an dem der Objektträger (22) an einem Lagerort (61) gelagert ist, und daß der zweite Endabschnitt (60) der piezomechanischen Verstelleinrichtung (40) an der Basis (12) angreift.

7. Mikrotom nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Lagerort (61) des Objektträgers (22) am Hebelement (54), der Ort der beweglichen Lagerung (56) des Hebeelementes (54) an der Basis (12) und der Angriffsort des ersten Endabschnittes (58) der piezomechanischen Verstelleinrichtung (40) zur Ausbildung einer Hebelüber- bzw. -untersetzung voneinander räumlich beabstandet sind.

8. Mikrotom nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstelleinrichtung (40) zur Verstellung des Abstandes zwischen dem Schneidmesser (18) und der Objektklemmeinrichtung (24) mit einem Endabschnitt (58) am Messerhalter (16) angreift, der an der Basis (12) beweglich gelagert (bei 70, 72) ist, und daß der zweite Endabschnitt (60) der piezomechanischen Verstelleinrichtung (40) an der Basis (12) angreift.

9. Mikrotom nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Ort der beweglichen Lagerung (70, 72) des Messerhalters (16) an der Basis (12) und der Angriffsort des ersten Endabschnittes (58) zur piezomechanischen Verstelleinrichtung (40) zur Ausbildung einer Hebelüber- bzw. -untersetzung voneinander räumlich getrennt sind.

10. Mikrotom nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Basis (12) in Querrichtung mit einem Schwenklagerabschnitt (74) ausgebildet ist, der die Basis (12) in zwei Teile (76, 78) teilt, wobei am einen Teil (76) der Messerhalter (16) mit dem Schneidmesser (18) und am zweiten Teil (78) der Objektträger (22) vorgesehen ist, und daß die piezomechanische Verstelleinrichtung (40) zum Verschwenken der beiden Teile (76, 78) der Basis (12) gegeneinander mit ihrem ersten Endabschnitt (58) am ersten Teil (76) und mit ihrem zweiten Endabschnitt (60) am zweiten Teil (78) der Basis (12) angreift.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

25

30

35

40

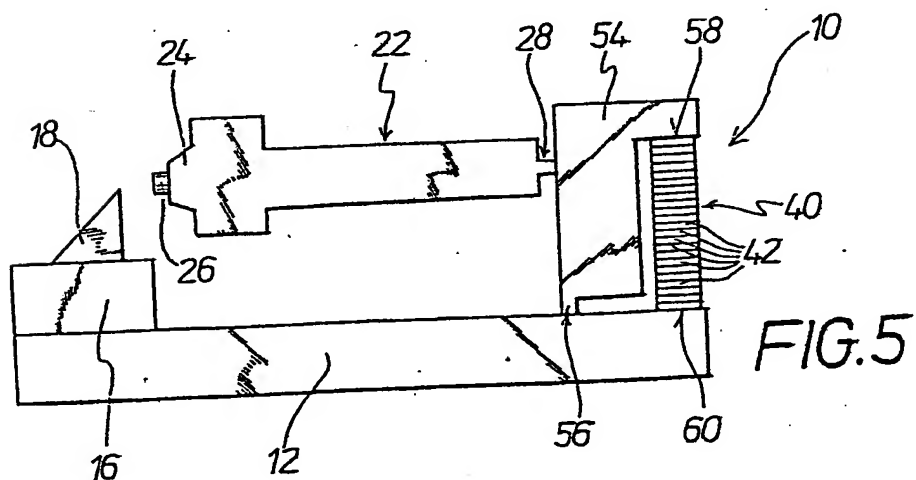
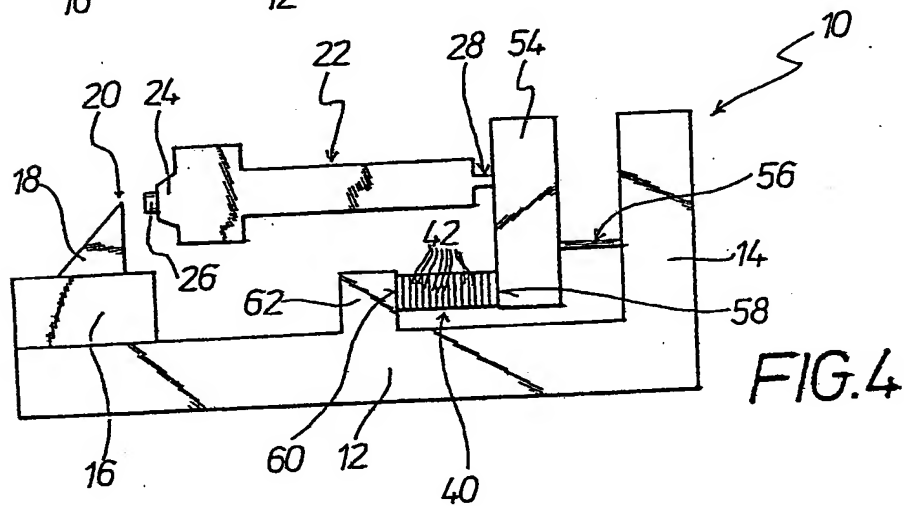
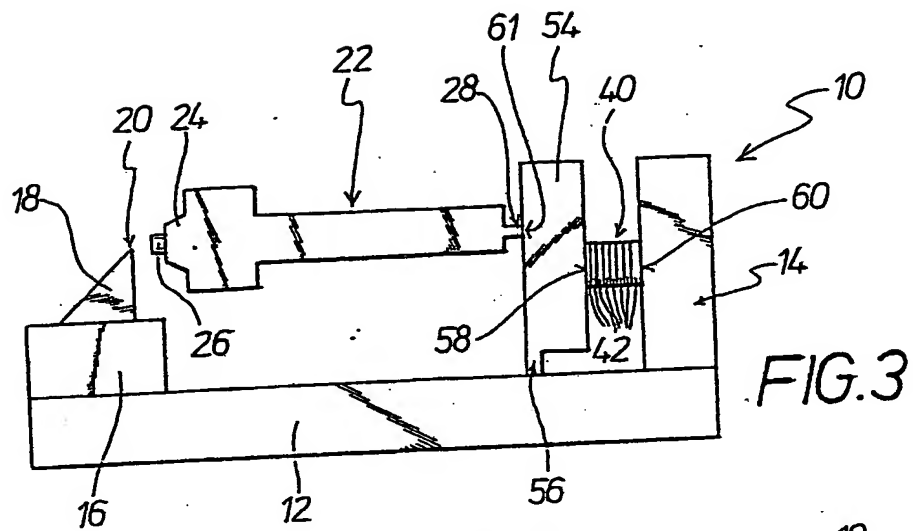
45

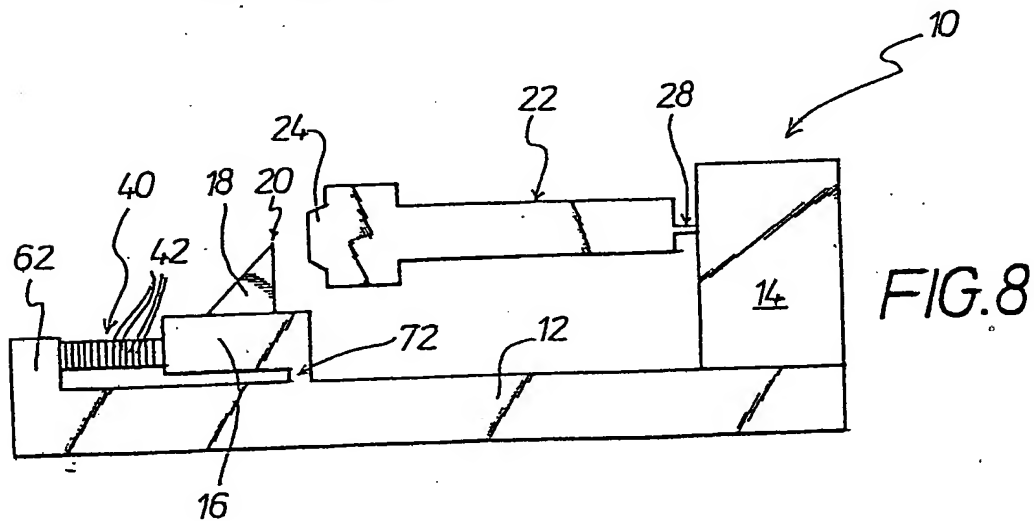
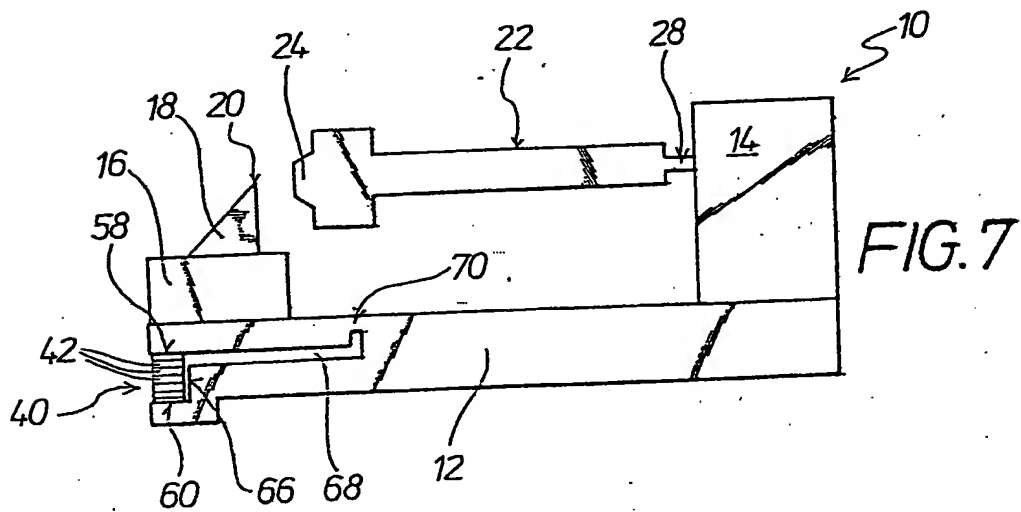
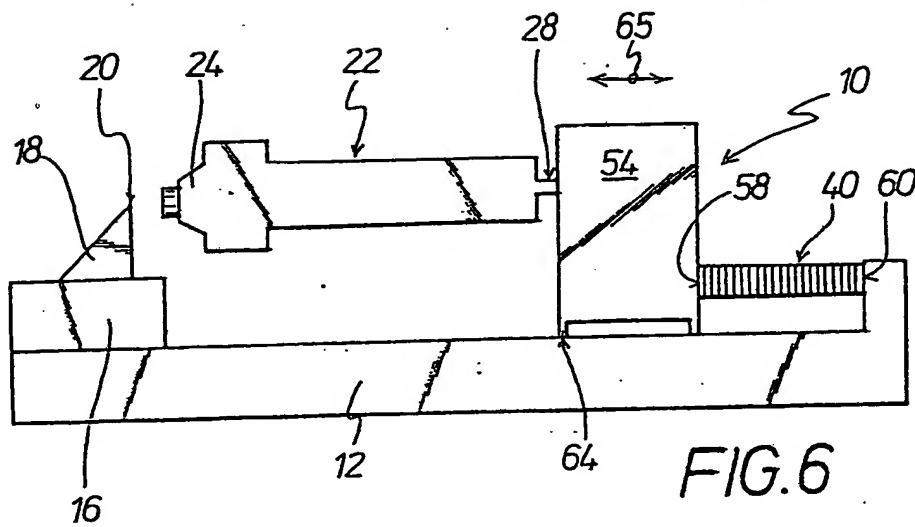
50

55

60

65





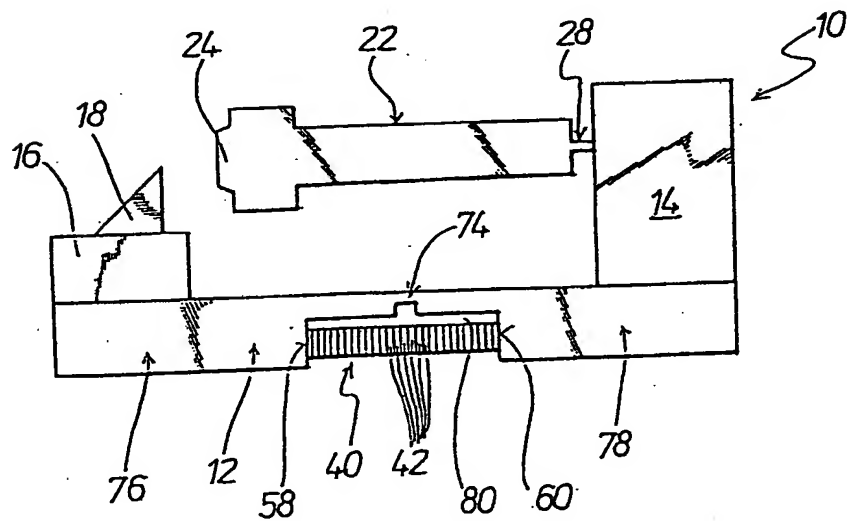
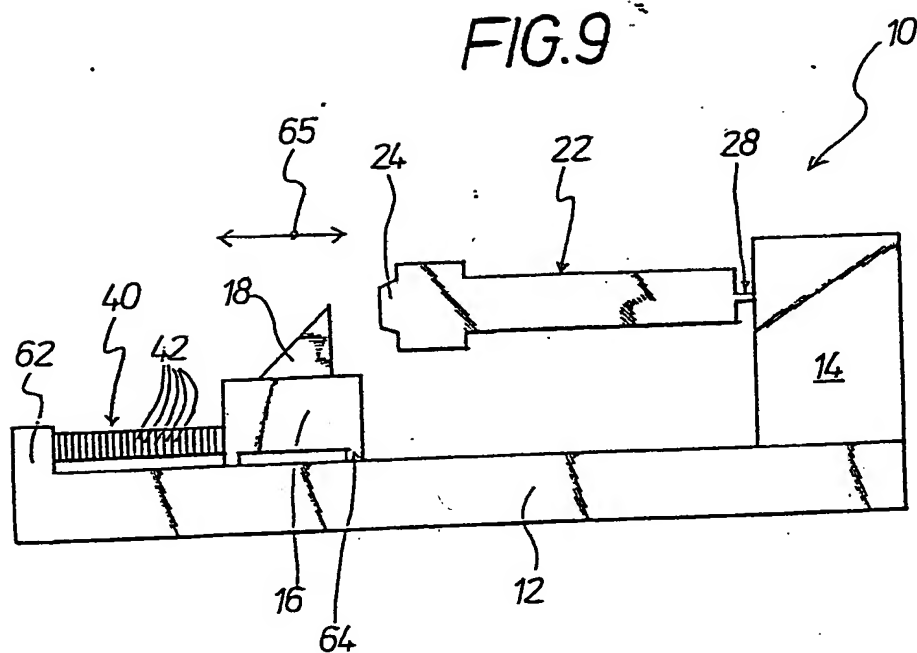


FIG.10

FIG.1

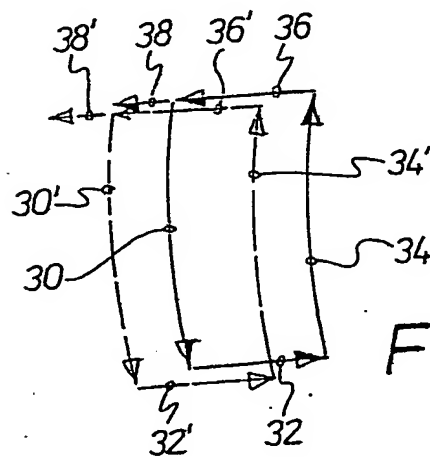
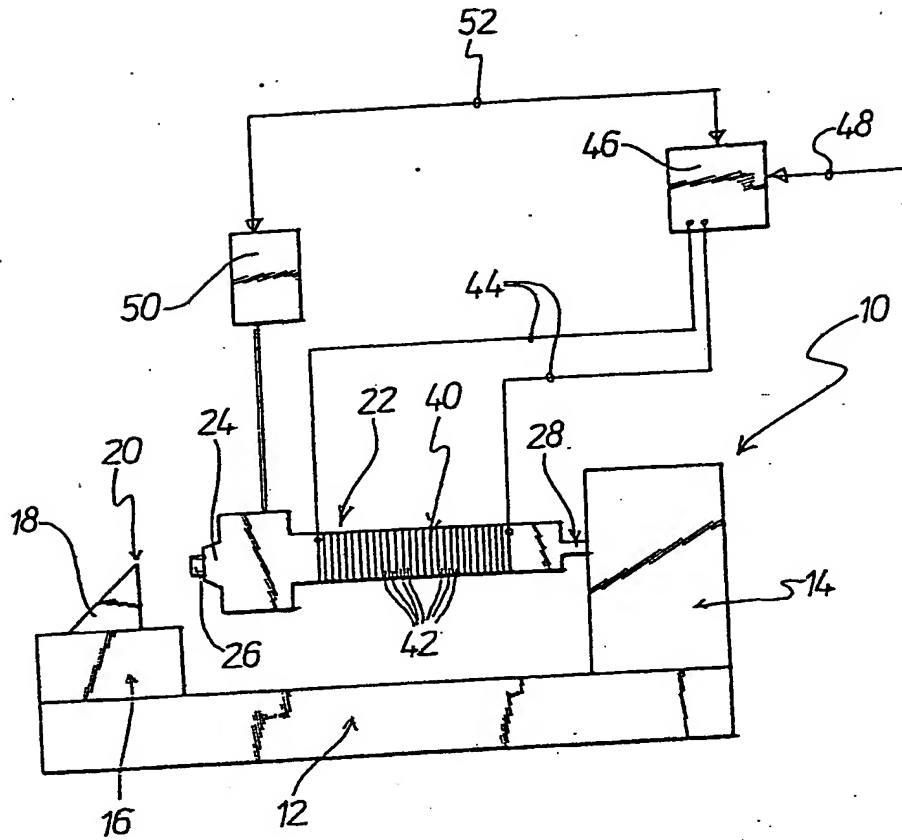


FIG.2